

INTRUSIÓN SALINA EN SONORA, MÉXICO

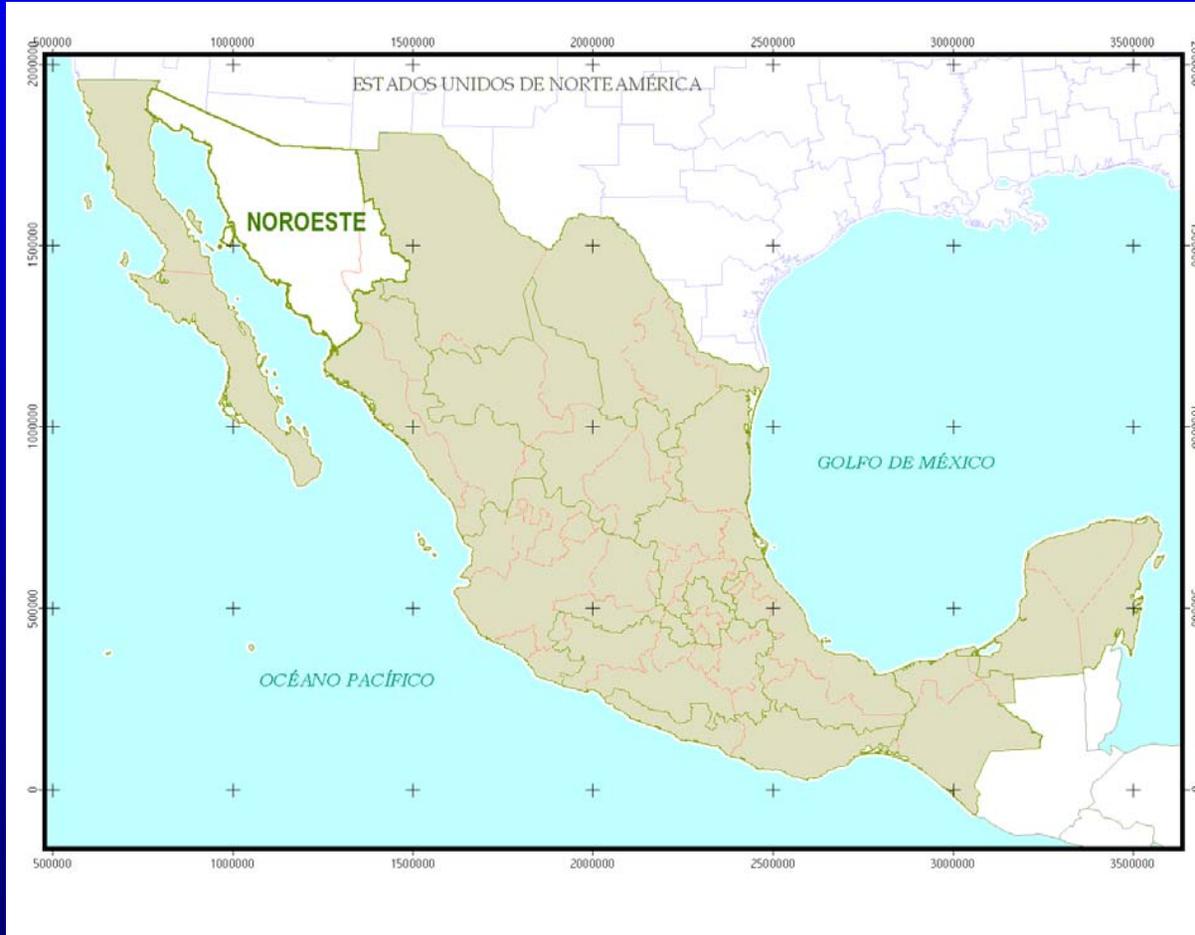
Carlos Gutiérrez Ojeda

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Datos: Comisión Nacional del Agua

MARCO DE REFERENCIA

- La Región Noroeste está localizadas en los Estados de Sonora y Chihuahua
- Entre los paralelos $26^{\circ} 35'$ y $32^{\circ} 31'$ de latitud norte y los meridianos $107^{\circ}02'$ y $114^{\circ}22'$ de longitud oeste
- Tiene una extensión territorial de $203,850 \text{ km}^2$, representando el 10.4% del territorio nacional
- Abarca 72 municipios de Sonora y 7 de Chihuahua



- La CNA ha delimitado el territorio nacional en 13 Regiones Hidrológico - Administrativas
- Delimitación basada primordialmente en criterios hidrológicos (cuenca o acuífero)

SUBREGIONES ADMINISTRATIVAS

La Región Noroeste está conformada por las cuencas de los Ríos Sonoita, Concepción, Sonora, Matape, Yaqui y Mayo.



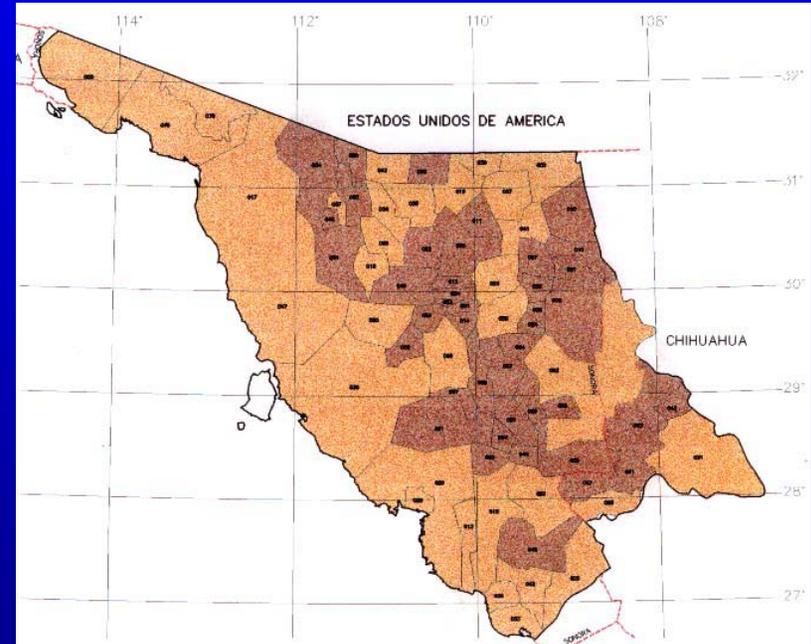
REGION II NOROESTE	
RH8	SONOITA CONCEPCIÓN
RH9	SONORA YAQUI MAYO
	RIO MATAPE
 CNA	

DEMOGRAFÍA



De acuerdo con datos del INEGI la población total en 1995 en la Región Noroeste era de 2,059,374 habitantes, que representaba el 2.3% de la población nacional.

El 94.8% de esta población se ubicaba en el Estado de Sonora y el 5.2% restante en Chihuahua.



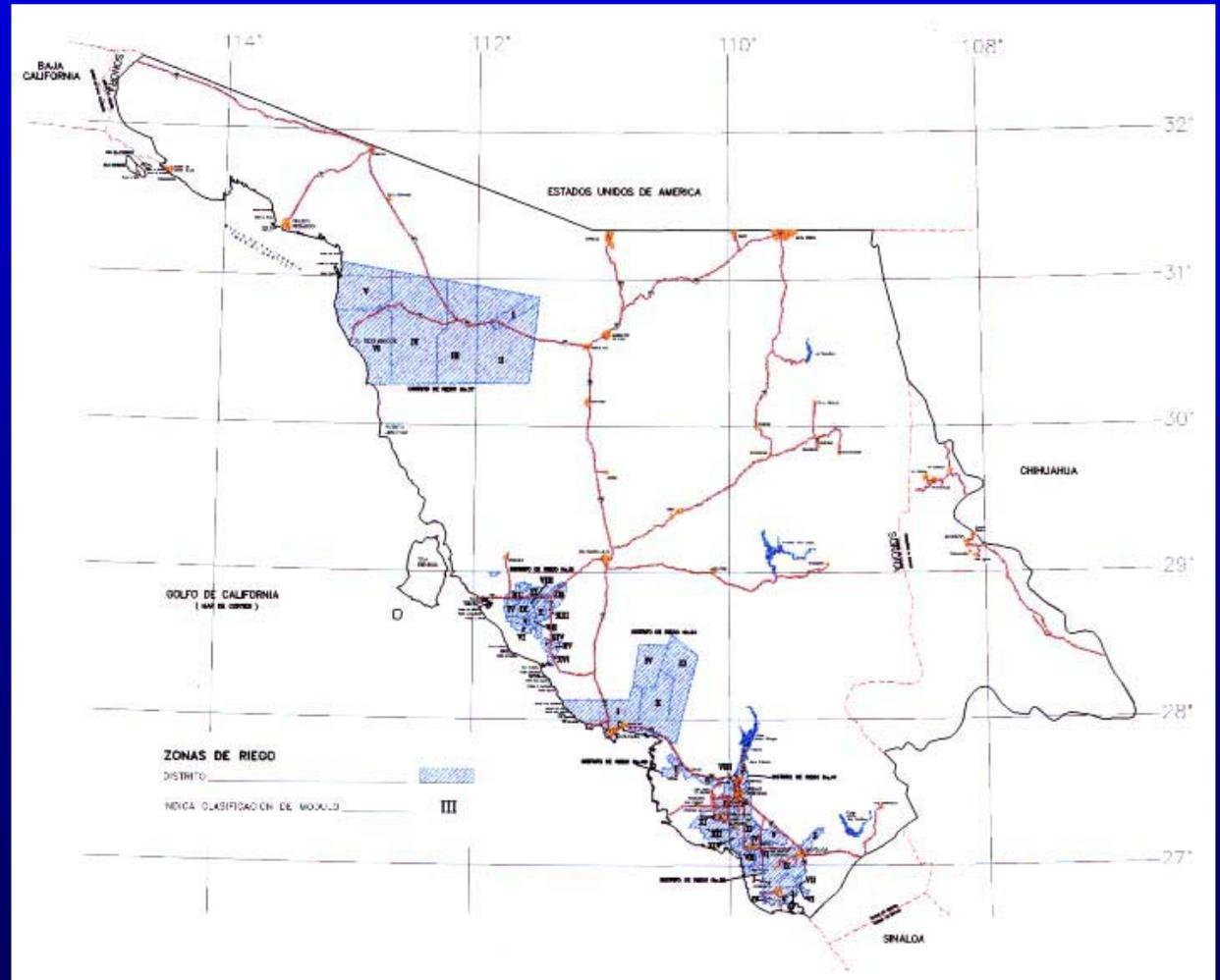
<i>Subregión</i>	<i>Municipios</i>	<i>Superficie (%)</i>	<i>Población (%)</i>
Río Sonoita	3	9	8
Río Concepción	16	20	13
Río Sonora	14	17	30
Río Yaqui	37	41	34
Río Mayo	9	13	15
Total (1995)	79	100.0 (203,850 km²)	100.0 (2,317,098 hab.)
Total (2025)			(2,913,364 hab.)

PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Agricultura	7 Distritos de Riego y 1,340 unidades de riego
Ganadería	extensiva (carne bovina) y intensiva (cerdos y aves)
Pesca	Cultivo del camarón, ostra, etc.
Minería	Cananeo, Nacozari, Magdalena
Industria	130 empresas cerveceras, parques industriales, etc.

DISTRITOS DE RIEGO

- 018 Colonia Yaquis
- 037 Altar-Pitiquito-Caborca
- 038 Río Mayo
- 041 Río Yaqui
- 051 Costa de Hermosillo
- 084 Guaymas
- Zona de riego Fuerte-Mayo,
Son
- 083 Papigochi, Chihuahua

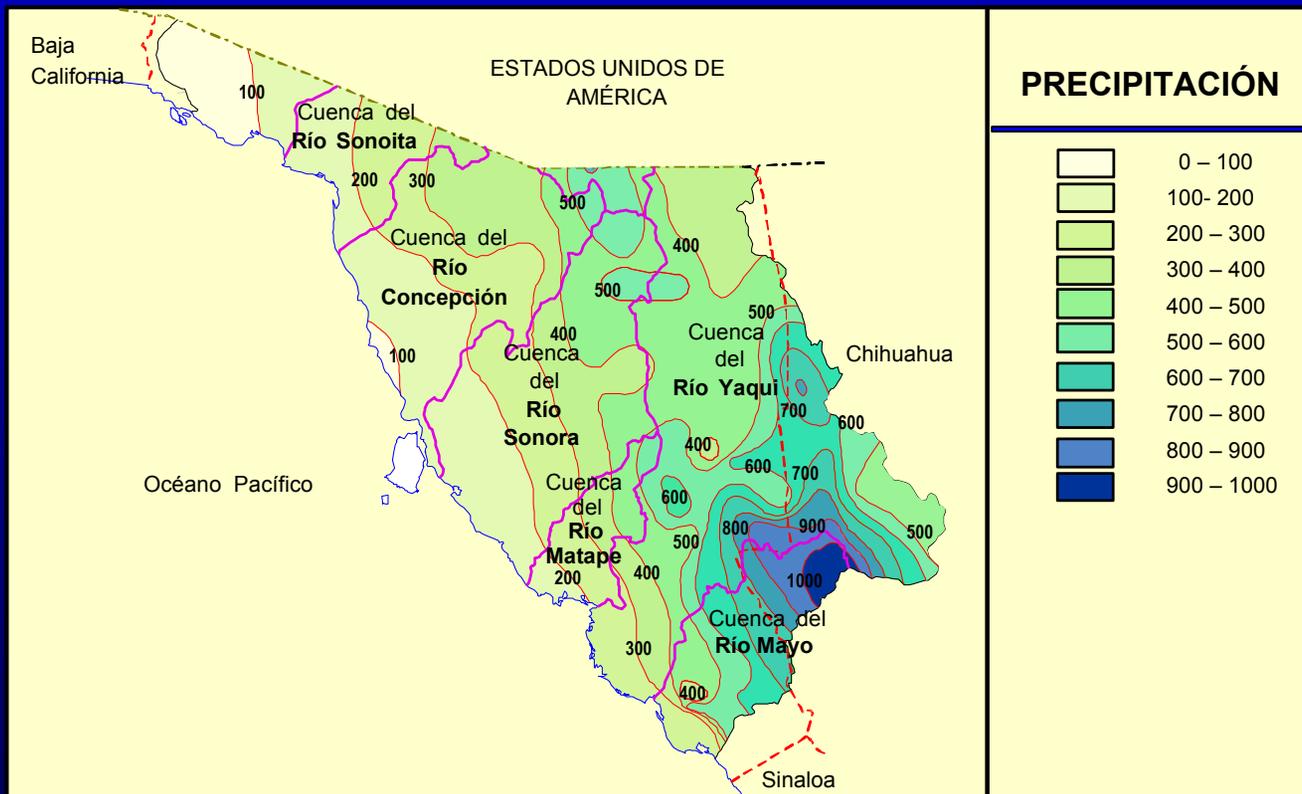


CLIMATOLOGÍA

Clima Predominante: seco y semiseco

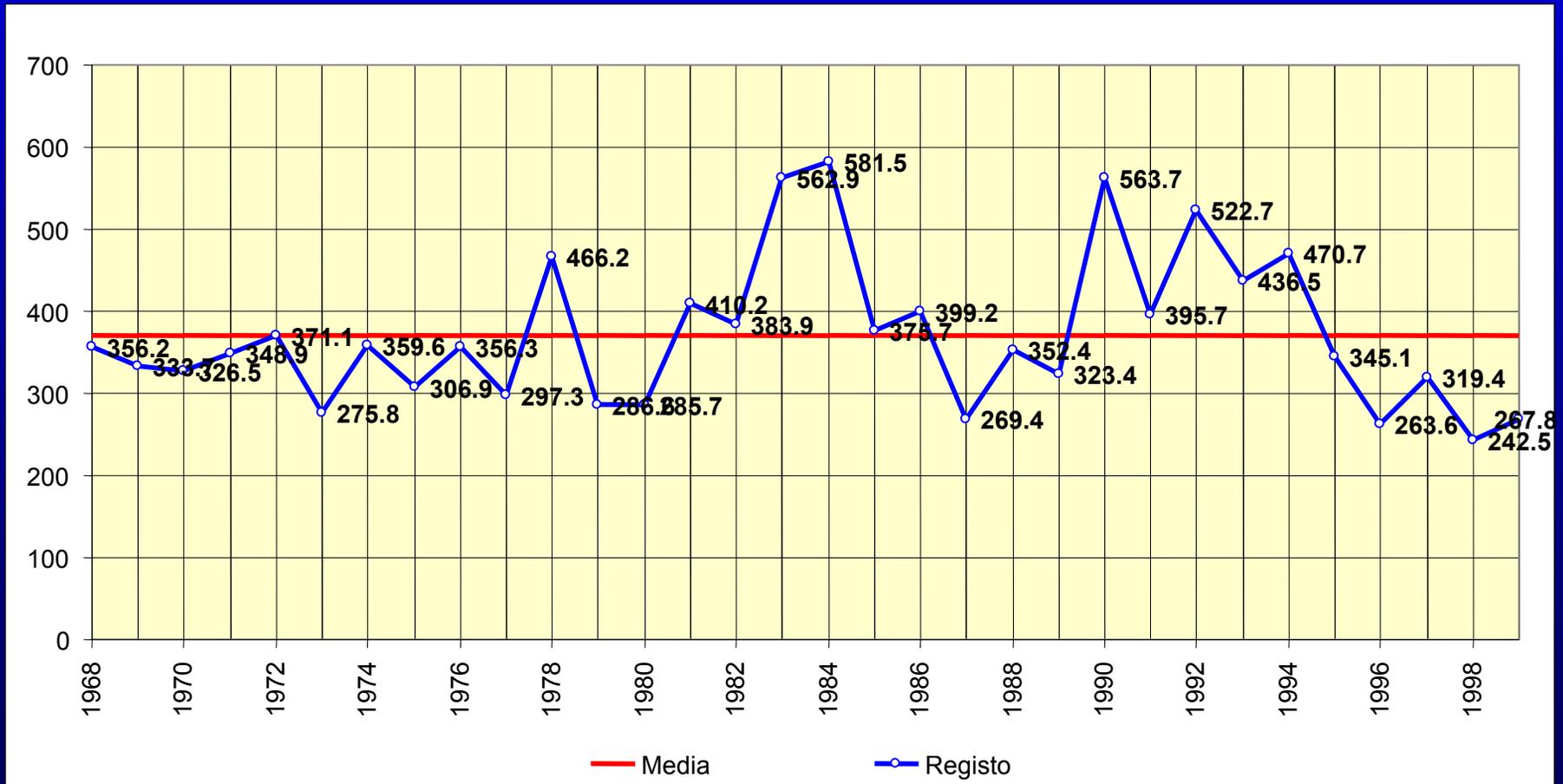
Precipitación media anual (1931-1990): 370 mm

- mínimos de 90 mm en el desierto de Altar, subregión del Río Sonoita
- máximos de 1,100 mm en la Sierra Madre Occidental, Edo de Chihuahua
- Evapotranspiración: > 2,200 mm/año

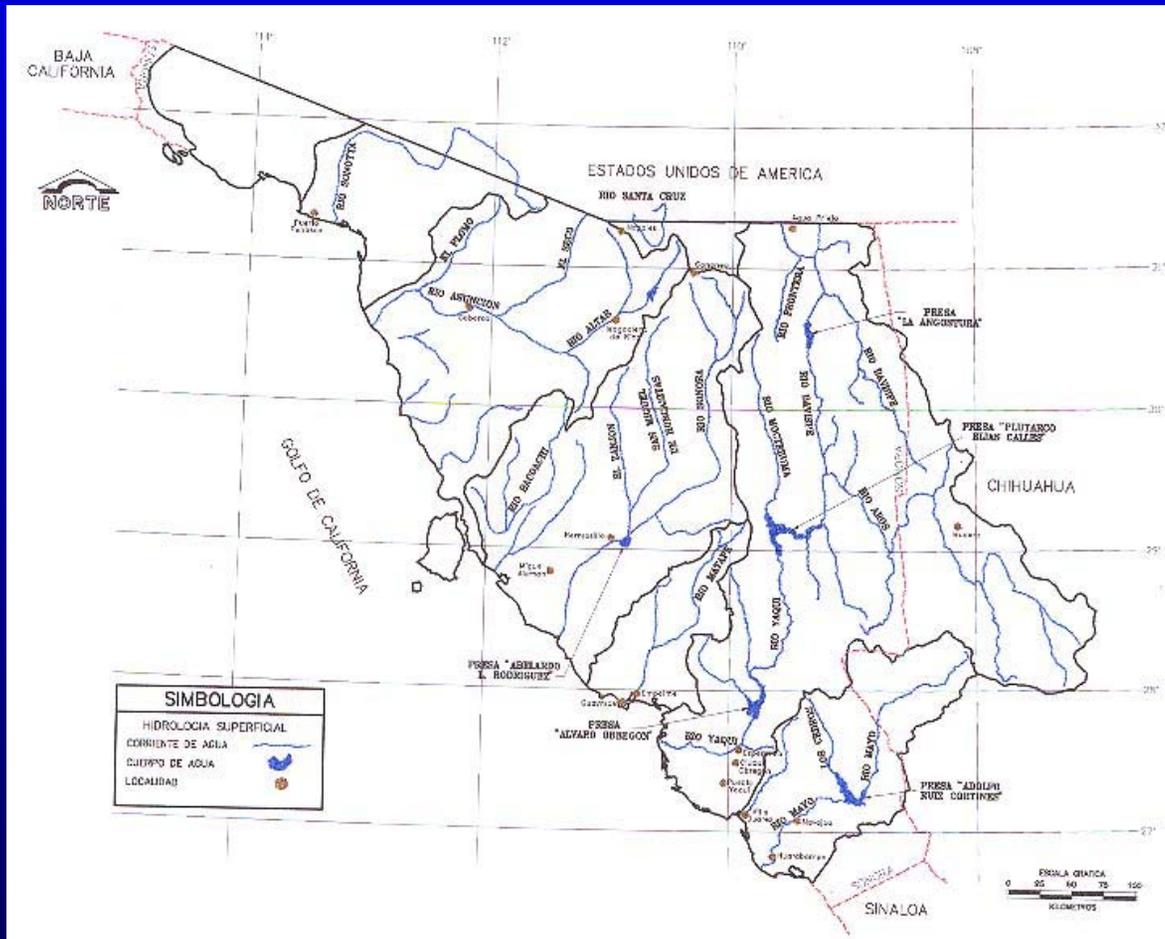


PRECIPITACIÓN MEDIA EN EL ESTADO DE SONORA

En la Región Noroeste, las sequías son un fenómeno constante a través de los años que ha impactado considerablemente el abastecimiento de agua a las poblaciones, la agricultura y la ganadería. De acuerdo a registros históricos, estos fenómenos se presentan con una frecuencia de uno por cada diez años y puede tener una duración que varía de uno a tres años.

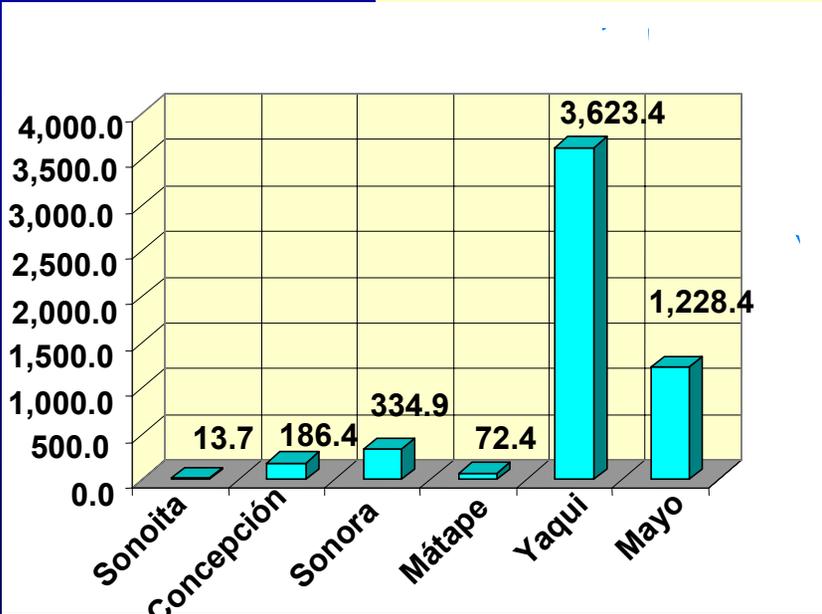
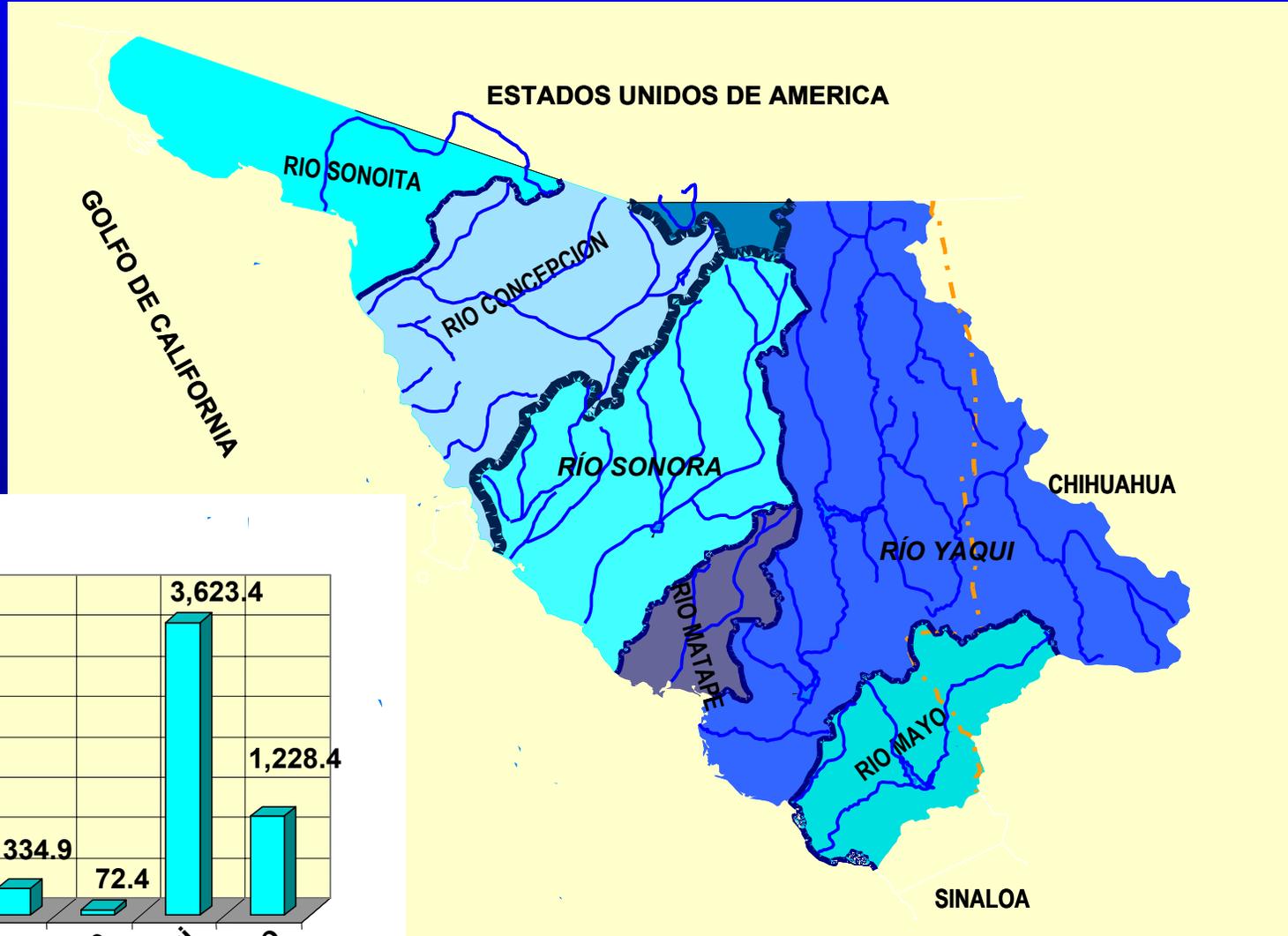


HIDROLOGÍA



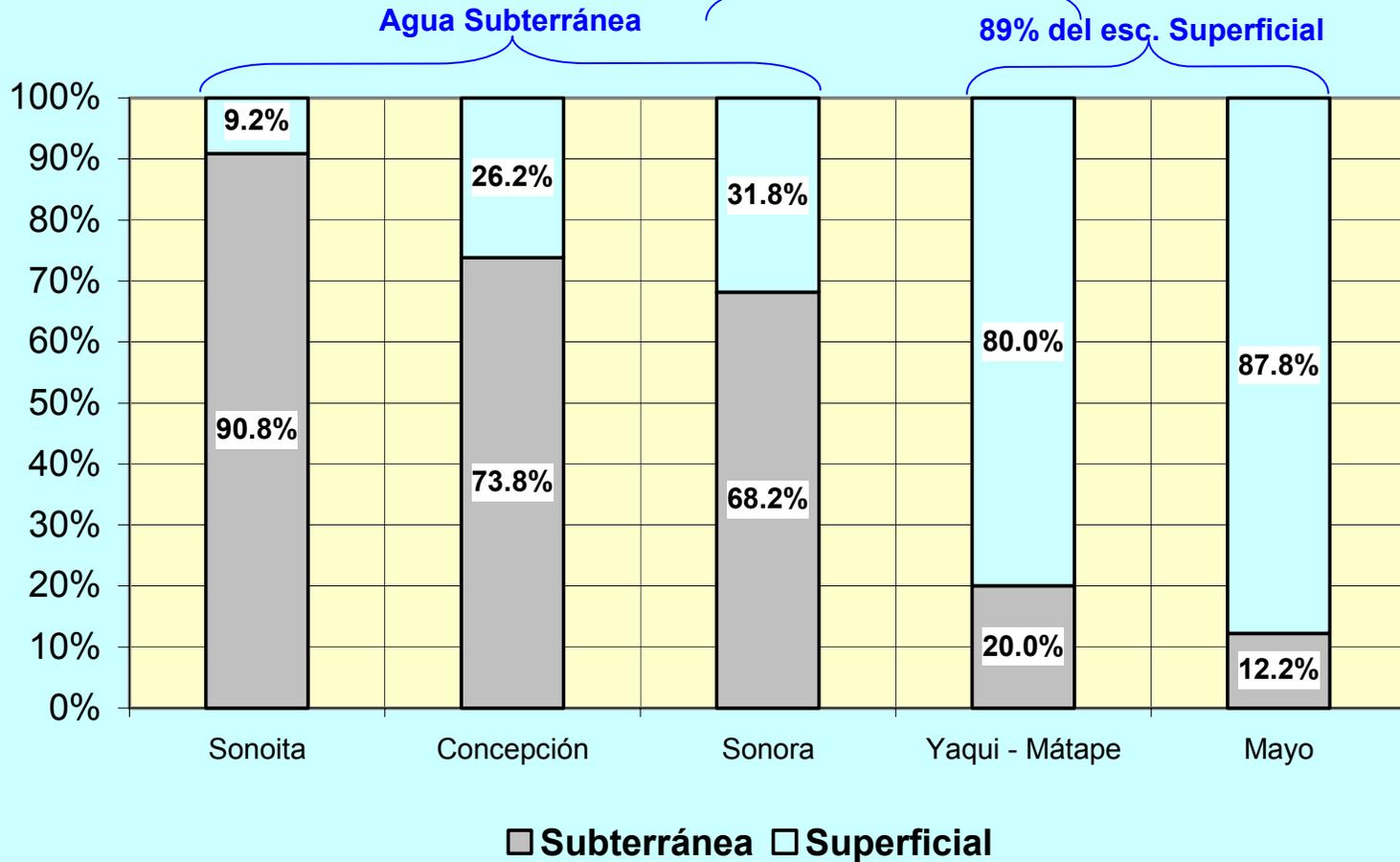
La disponibilidad del agua superficial en la Región Noroeste está distribuida de manera irregular, pues mientras que en las cuencas del sur y este de la región se concentra el 86% del agua superficial, el 14% restante se distribuye en el 60% del territorio.

ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL EN LAS PRINCIPALES CORRIENTES DE LA REGIÓN

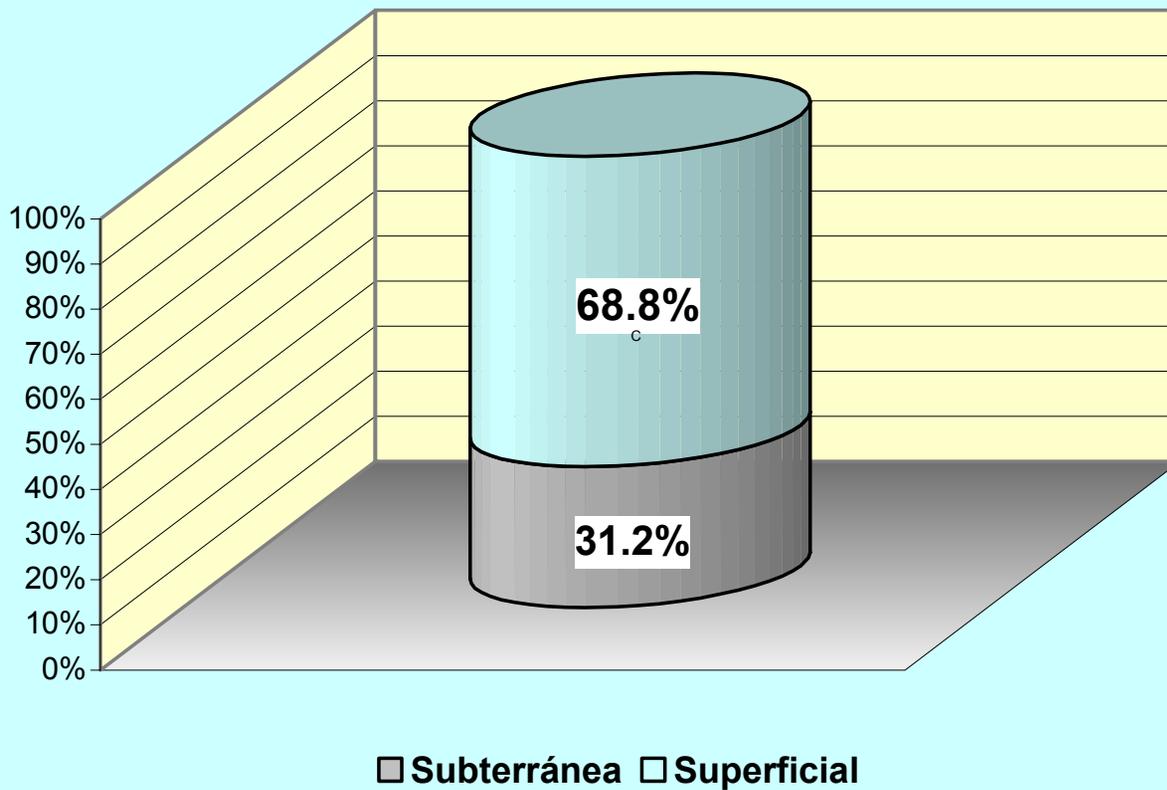


Disponibilidad natural por tipo de fuente

Mayor demanda de uso público urbano

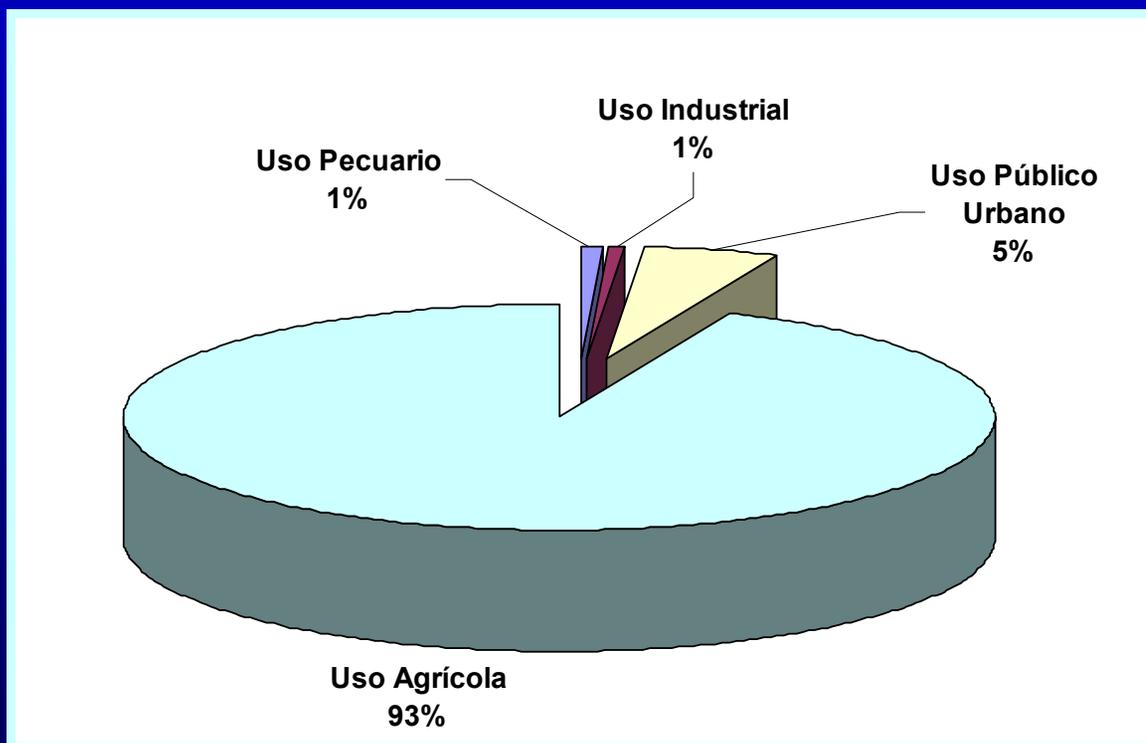


Disponibilidad de agua en la región



USO DEL AGUA POR CUENCA HIDROLÓGICA

Río Sonoita	Río Concepción	Río Sonora	Río Yaqui(*)	Río Mayo	Región
40.79	37.54	121.99	133.40	36.31	370.02
93.53	875.09	805.03	3,695.09	1,285.55	6,754.29
0.26	7.78	12.11	25.50	6.03	51.68
0.80	14.01	2.73	33.14	3.81	54.49
135.08	934.42	941.86	3,887.13	1,331.70	7,230.48



BALANCE DE AGUA (CNA, 1998)

Precipitación media histórica (1941-1998): 437 mm/año

Extracciones	A.Sup.	A.Subt.	TOTAL
Uso agrícola	3,921	2,746	6,667
Uso público	129	210	339
Uso industrial	4	32	36
Acuacultura	2		2
TOTAL	4,066	2,988	7,044
Disponibilidad	5,210	2,767	7,977
Balance	+ 1,144	- 221	+ 933

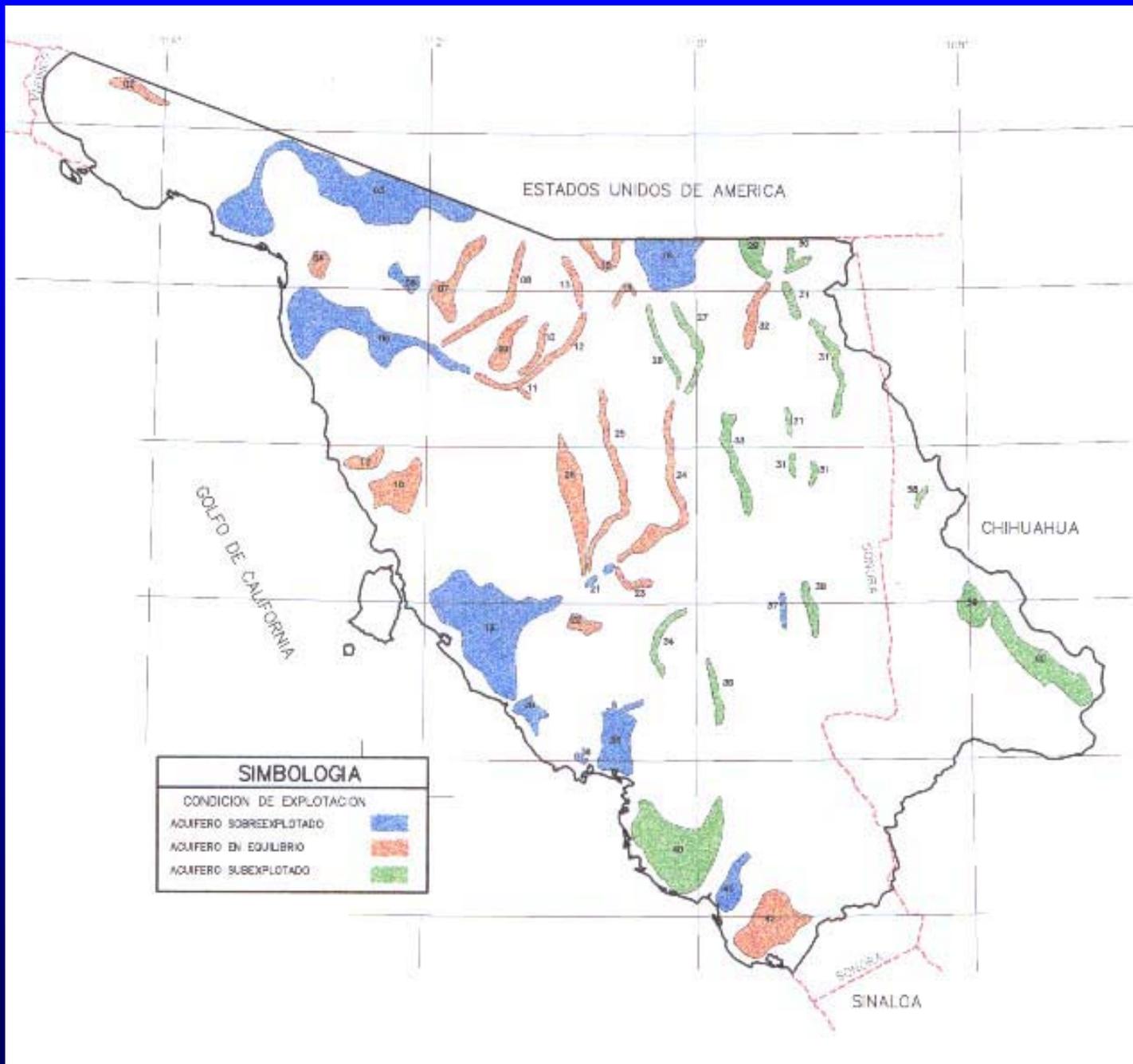
- 95% del agua extraída se utiliza en la agricultura
- 42% de agua utilizada en el riego proviene del AS
- 2/3 partes del agua utilizada en las ciudades proviene del AS
- casi el 90% del agua utilizada en la industria proviene del subsuelo
- Cuencas de los Ríos Yaqui y Mayo concentran el 89% del esc. Superficial
- La mayor demanda para uso público urbano se registra en los ríos Yaqui y Sonora

AGUAS SUBTERRÁNEAS

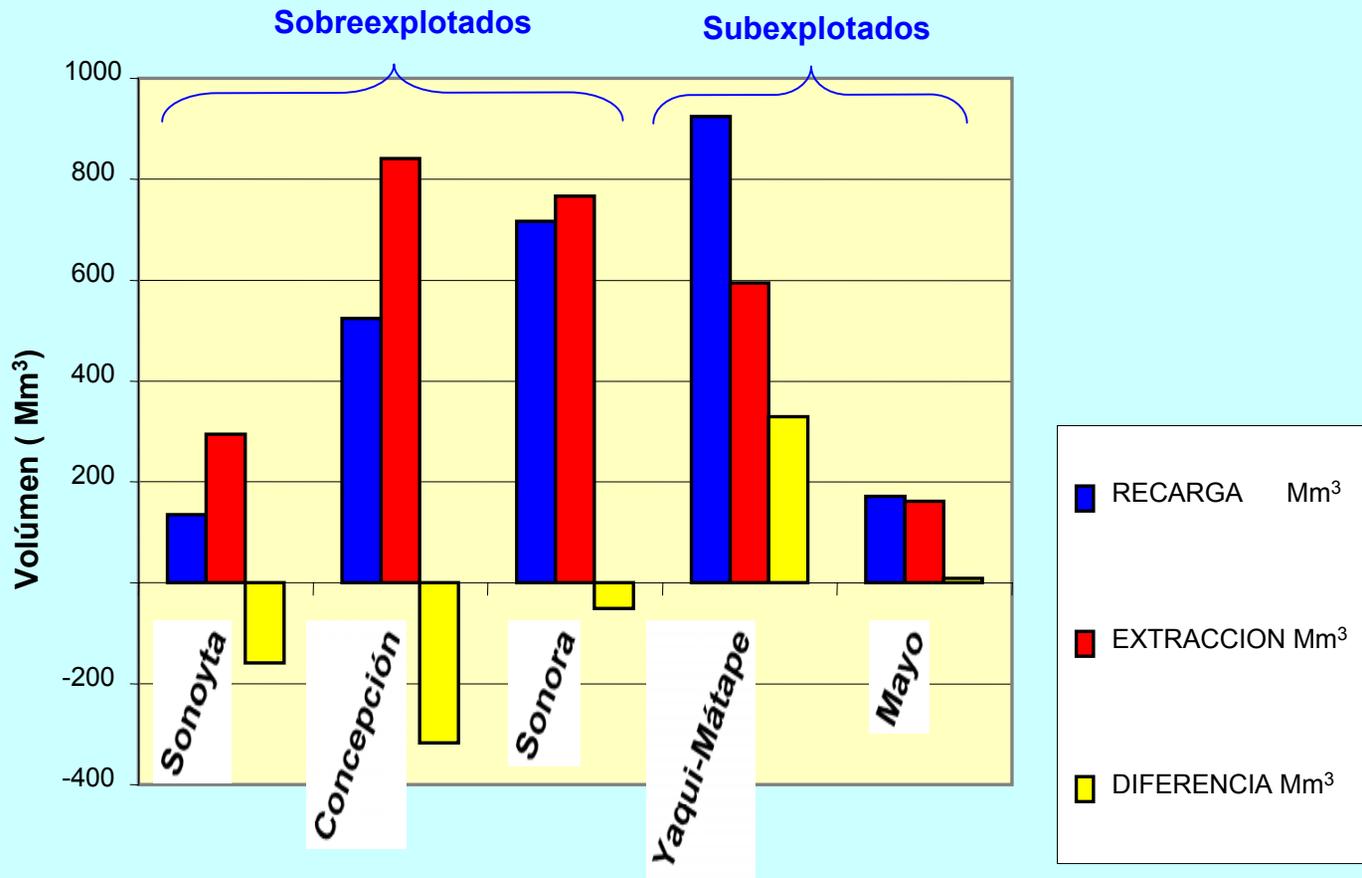
De los 47 acuíferos, 15 se encuentran en estado de sobreexplotación, 19 en equilibrio y 13 en subexplotación.

Los acuíferos sobreexplotados se ubican principalmente en la zona costera centro y sur de la región: Costa de Hermosillo, Guaymas, Caborca,

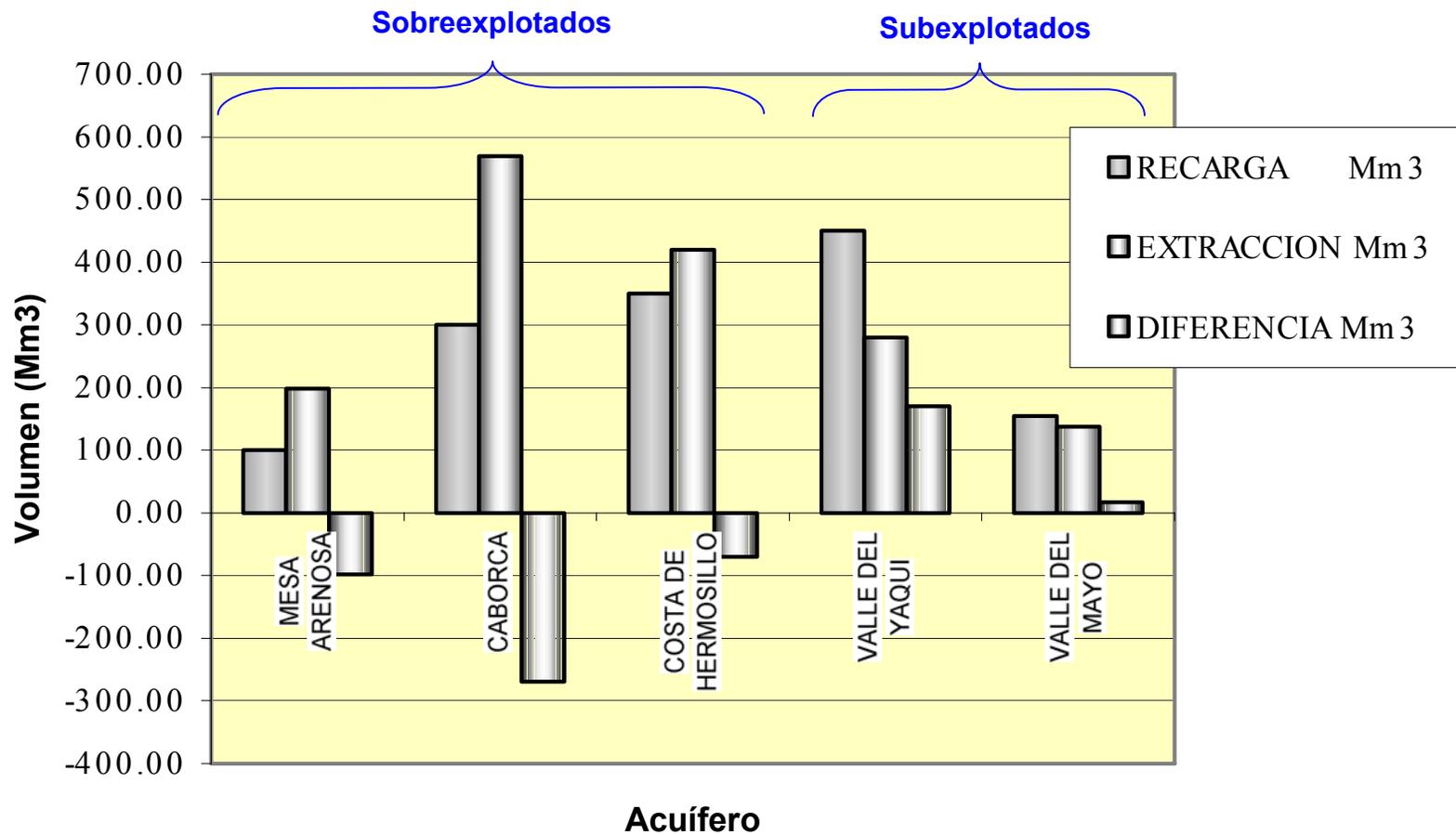
Estos totalizan un volumen anual de extracción del orden de los 1,501.3 millones de m^3 y una recarga anual cercana a los 1,046 millones de m^3 , cuyo resultado es una sobreexplotación de -455.3 millones de m^3 .



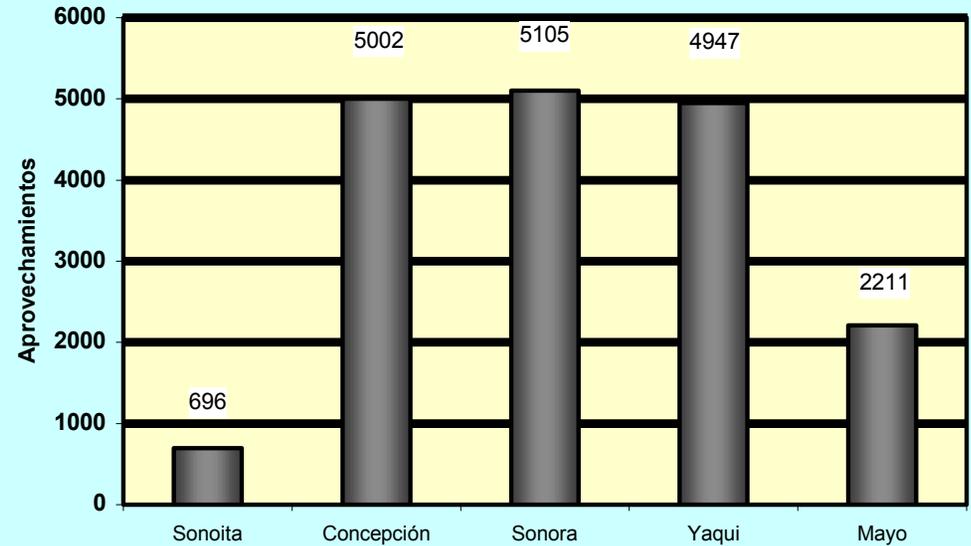
Agua Subterránea. Condiciones geohidrológicas por Subregión



Principales acuíferos de la Region II Noroeste



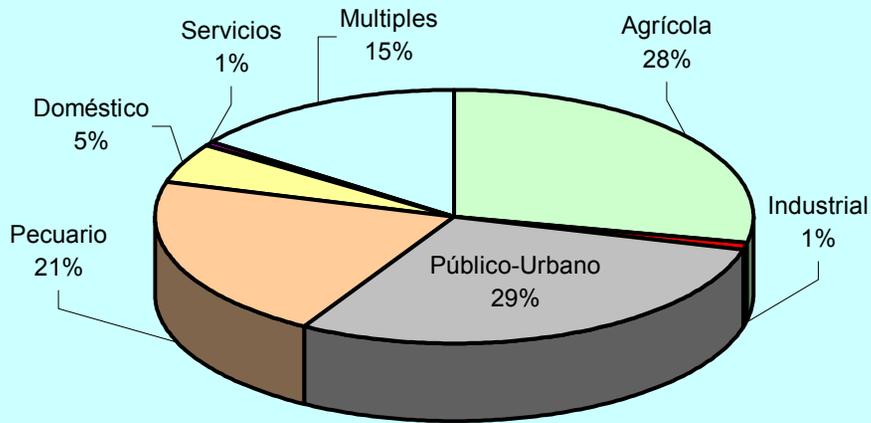
Aprovechamientos por subregión



32%

29%

APROVECHAMIENTOS POR USO



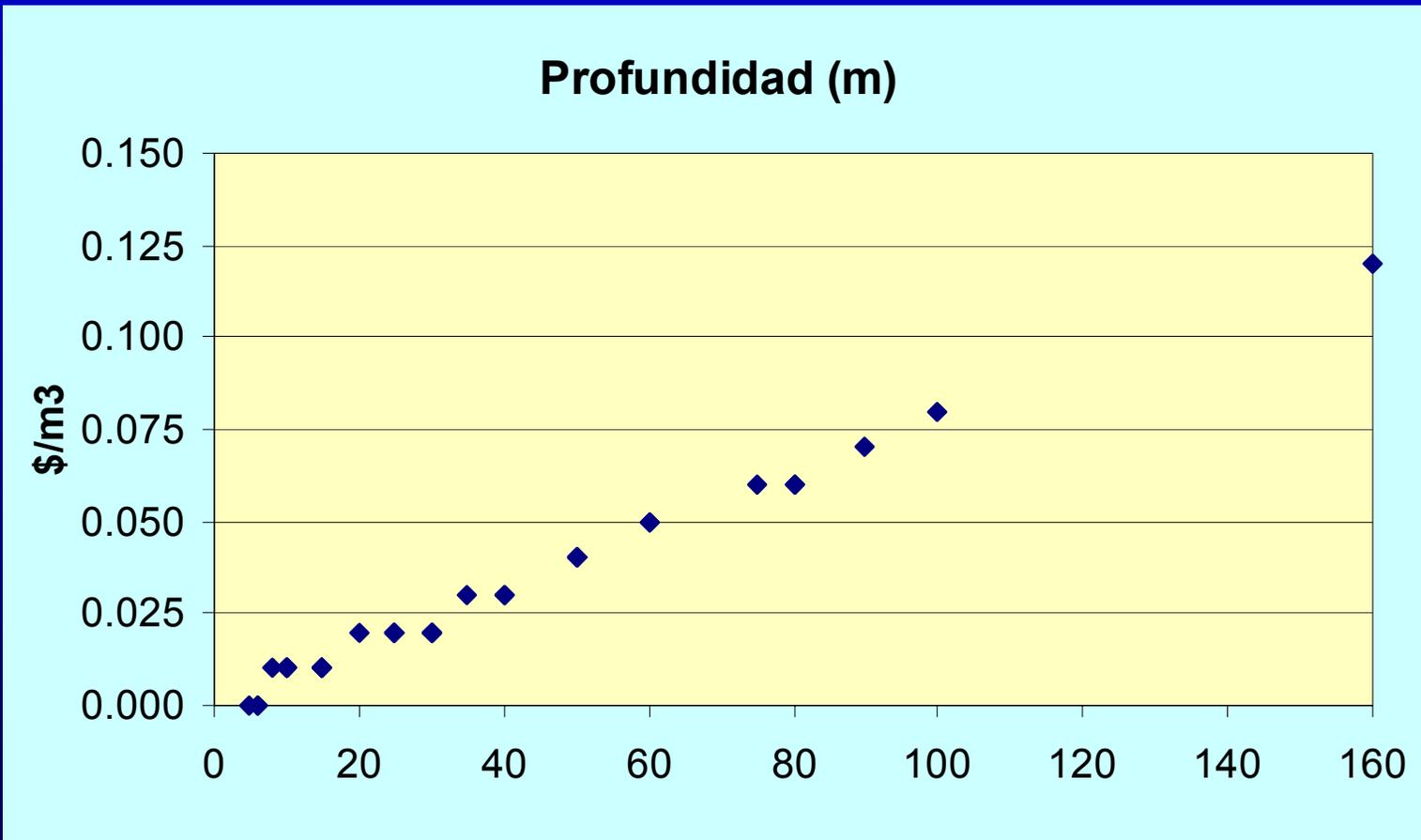
Extracción Total

Total de aprovechamientos: 17,961

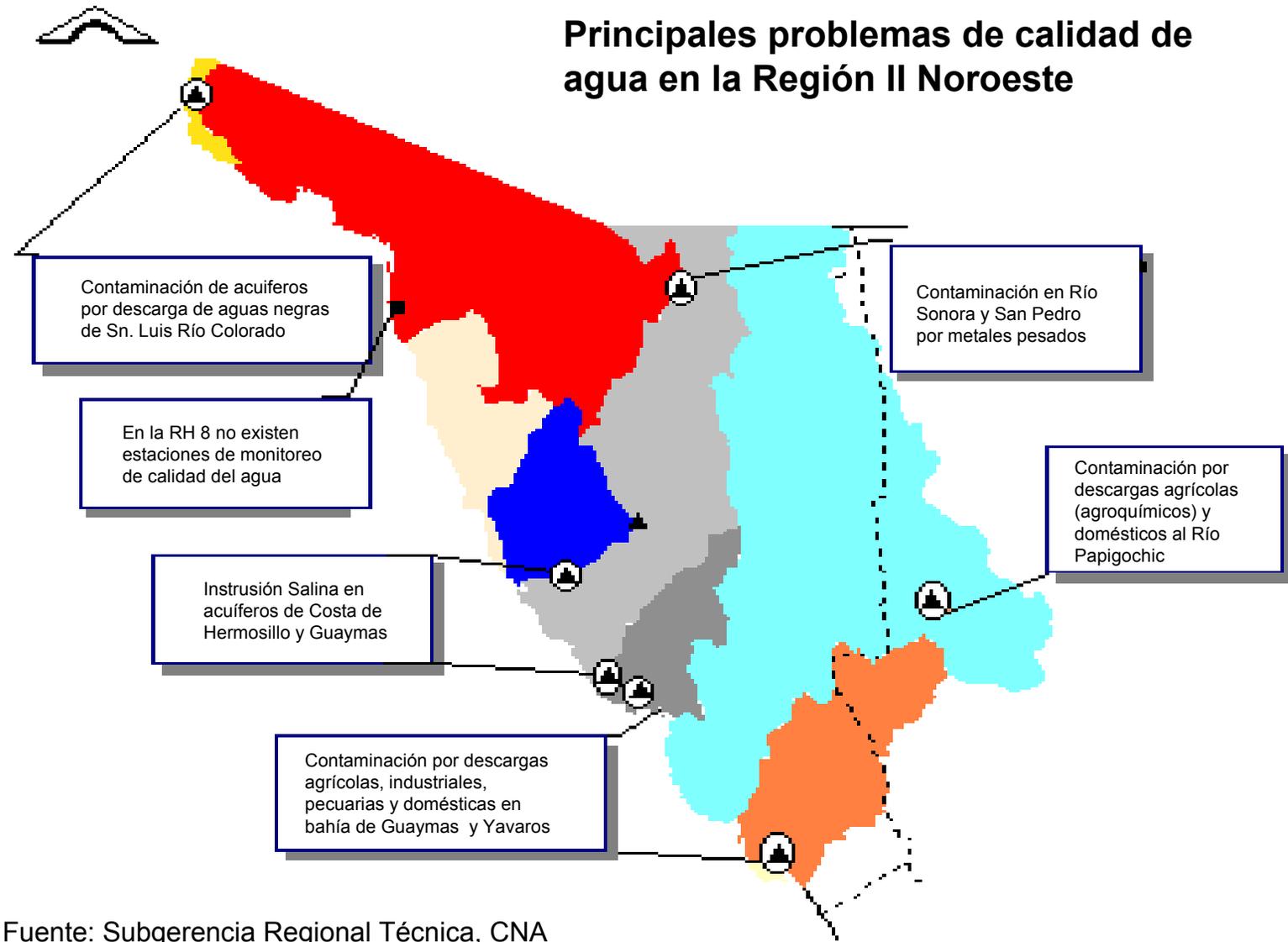
PROFUNDIDAD vs COSTOS DE EXTRACCIÓN

Los descensos en los niveles estáticos han incrementado los costos de extracción ya que éste último es directamente proporcional a la profundidad del nivel freático.

Acuíferos con mayores requerimientos de energía: Costa de Hermosillo, Caborca, etc.

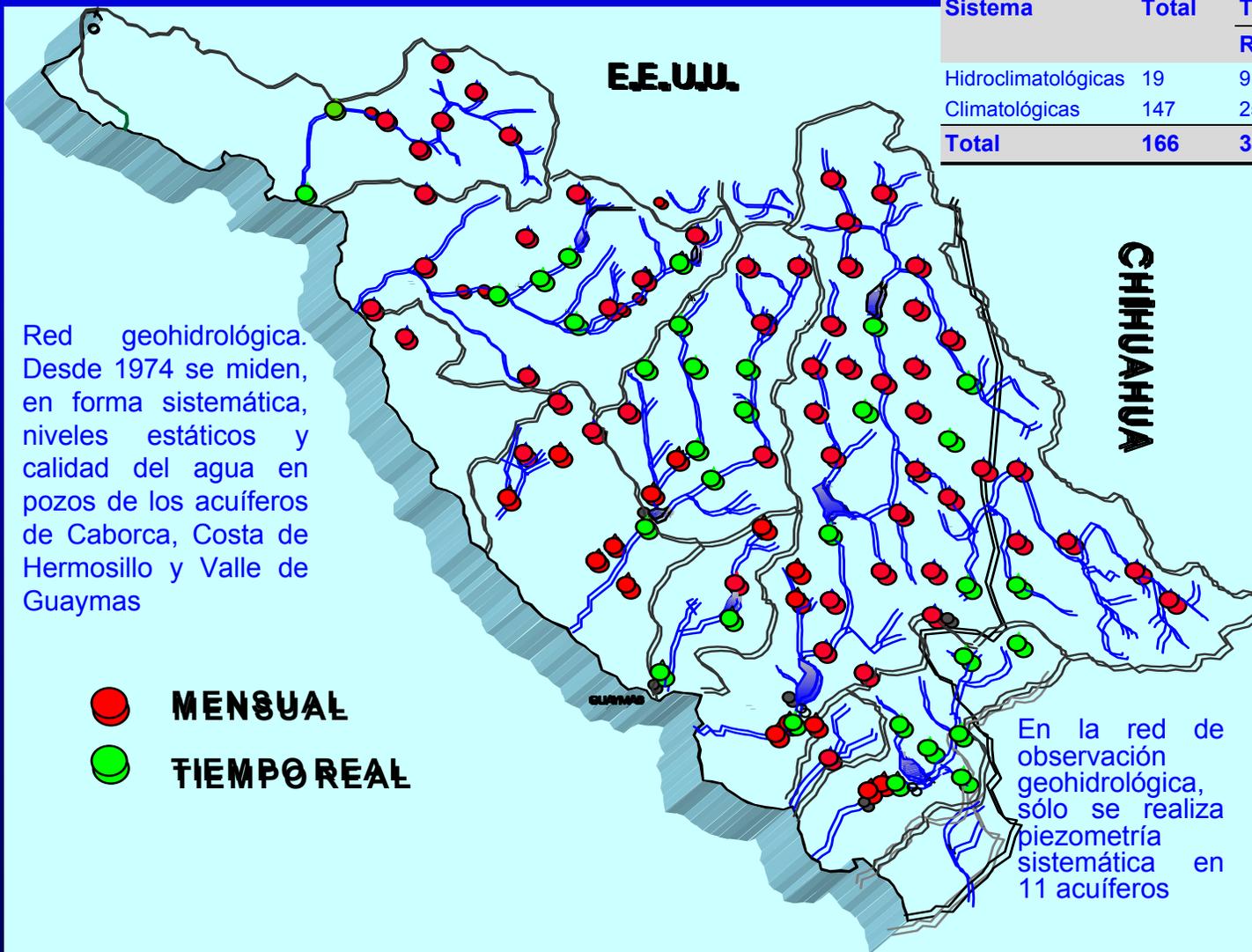


Principales problemas de calidad de agua en la Región II Noroeste



Fuente: Subgerencia Regional Técnica, CNA

Estaciones de monitoreo



Sistema	Total	Tiempo Real		Mensual
		Radio	Teléfono	
Hydroclimatológicas	19	9	1	9
Climatológicas	147	25	7	115
Total	166	34	8	124

En la red de observación geohidrológica, sólo se realiza piezometría sistemática en 11 acuíferos

La sobreexplotación del agua subterránea y el abatimiento de los niveles estáticos ha puesto en peligro el desarrollo de la región

Por ello se han implementado medidas o programas para reducir la extracción del agua subterránea hasta valores cercanos a la recarga:

- 1) Establecimiento de vedas en los acuíferos sobreexplotados
- 2) Elaboración de reglamentos para controlar y regular la extracción.
- 3) Establecimiento de programas de reducción gradual de extracciones:
Guaymas y Costa de Hermosillo.

Condiciones Geohidrológicas de los Acuíferos Subregión Sonora

Acuífero	Superficie Km ²	Recarga Mm ³	Extracción Mm ³	Diferencia Mm ³	Tipo	Condición	Tipo de Veda	Calidad (STD)	Prof. (m)
Costa De Hermosillo	3647.1	350	420.00	-70.00	LS	SO	R	300-2500	80
Sahural	296.14	70	64.00	6.00	L	SO	R	500-2500	60
Mesa Del Seri - La Victoria	84.05	62	68.00	-6.00	LS	SO	R	400	40
La Poza	202.76	5	5.00	0.00	L	EQ	C	400	50
Santa Rosalía	147.63	15	12.50	2.50	L	EQ	C	400	15
Río Sonora	898.99	66.6	57.08	9.52	L	EQ	R-C	400	10
Río San Miguel		52.5	49.21	3.29	L	EQ	R-C	400	15
Río Zanjón	978.77	76.84	77.50	-0.66	LS	EQ	R-C	400	60
Río Bacoachi	319.48	11	8.00	3.00	L	EQ	C	400	10
Río Bacanuchi	230.4	8	6.00	2.00	L	EQ	C	400	10
Totales	7405.57	716.94	767.29	-50.35					

L = Libre; LS = Libre - Semiconfinado; GF = Granular Fracturado.
 : Subgerencia Regional
 = Sobreexplotado; SUB = Subexplotados; E = Equilibrio
 Control; LA = Libre alumbramiento.

Condición de sobreexplotación:

Extracción: 767 Mm³

Recarga: 717 Mm³

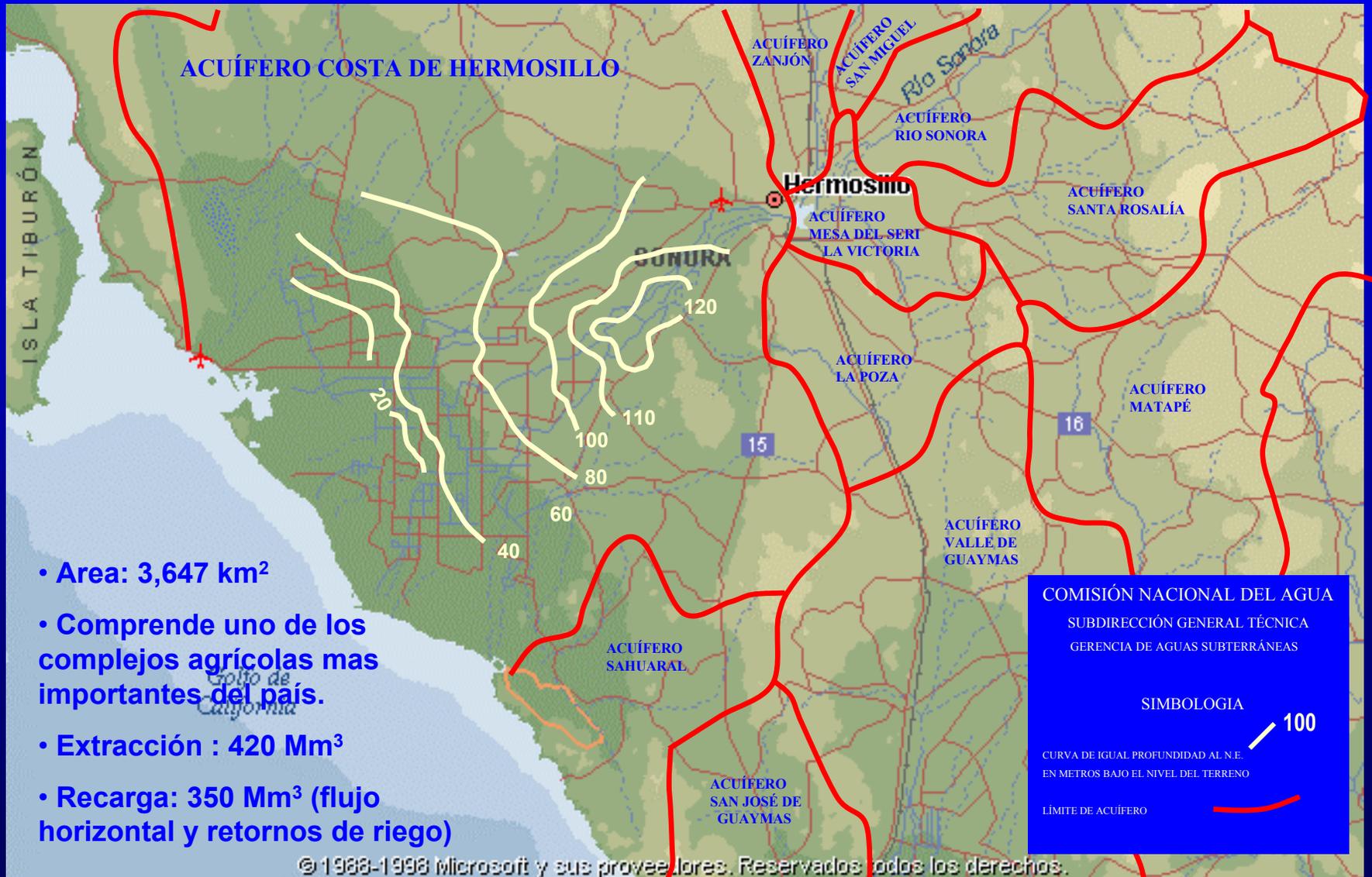
2 ac. Sobreexplotados y 8 en equilibrio

Acuíferos de tipo libre y semiconfinado

Extracción del acuífero Costa de Hermosillo: 57% del total

Acuífero Costa de Hermosillo, Estado de Sonora

Profundidad al Nivel Estático, 1998



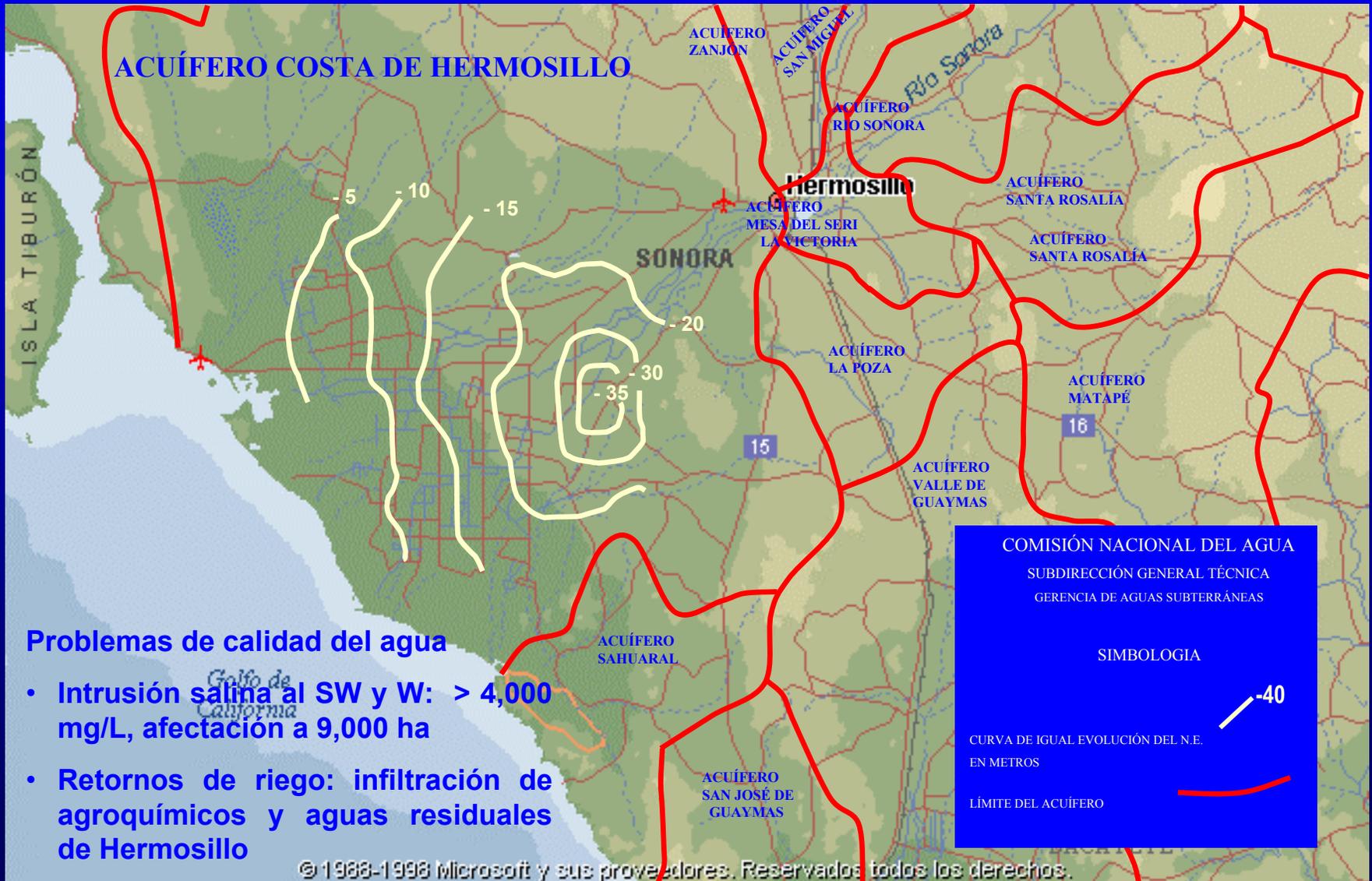
Acuífero Costa de Hermosillo, Estado de Sonora

Elevación del Nivel Estático, 1998



Acuífero Costa de Hermosillo, Estado de Sonora

Evolución del Nivel Estático, 1978 - 1998



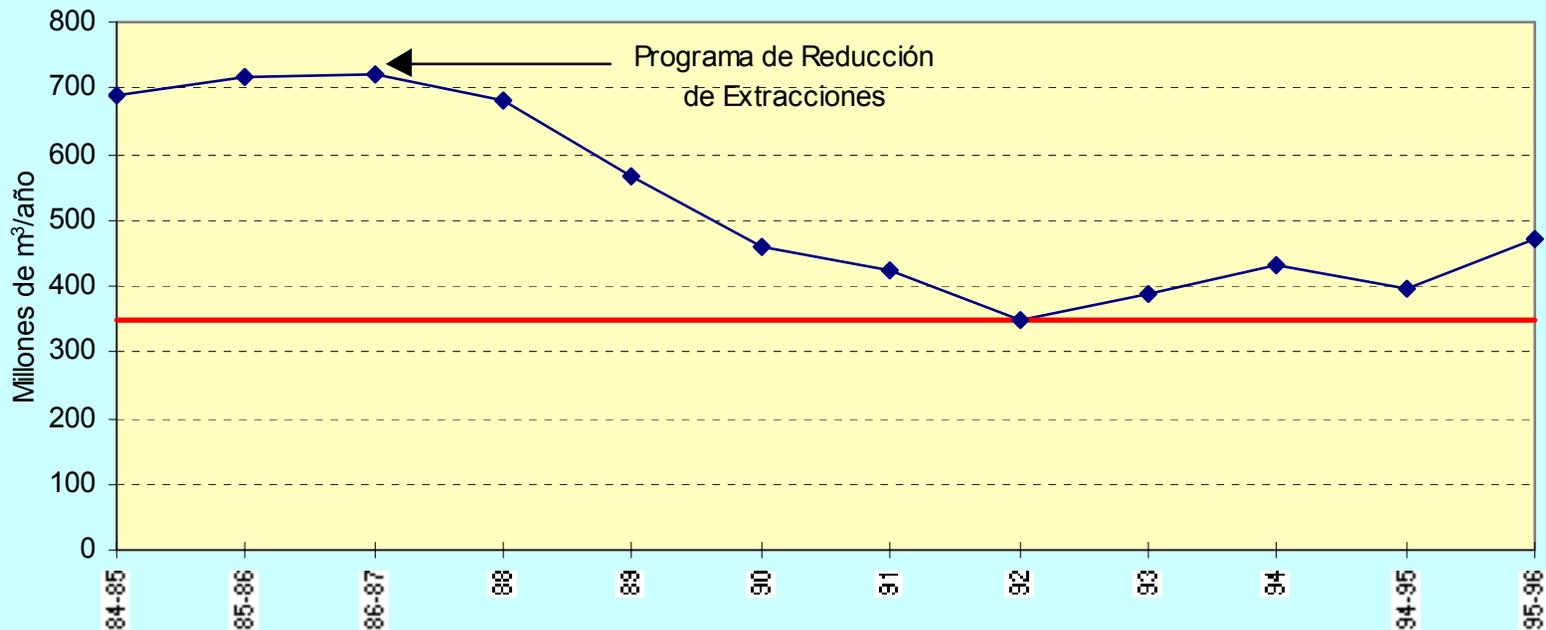
Problemas de calidad del agua

- Intrusión salina al SW y W: > 4,000 mg/L, afectación a 9,000 ha
- Retornos de riego: infiltración de agroquímicos y aguas residuales de Hermosillo

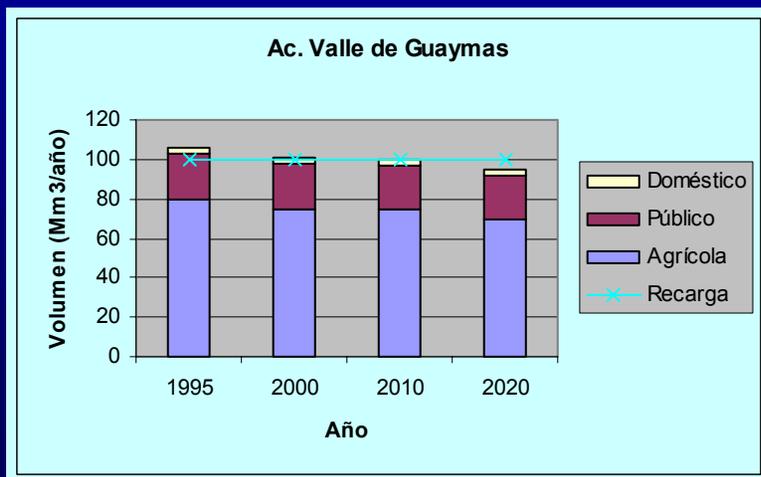
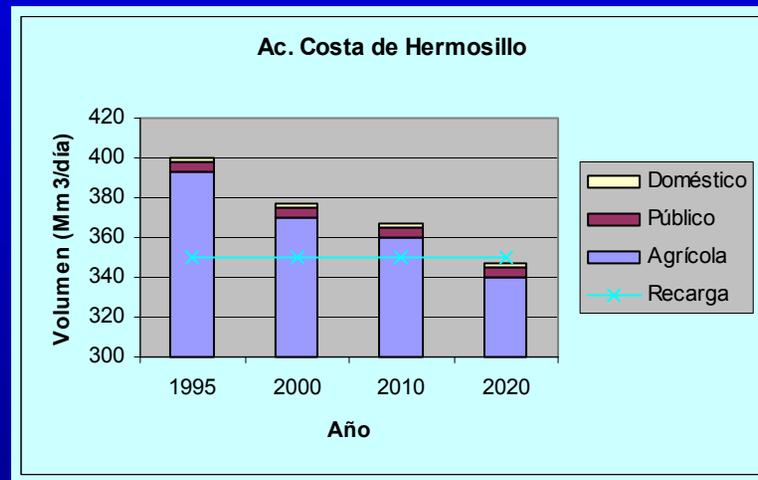
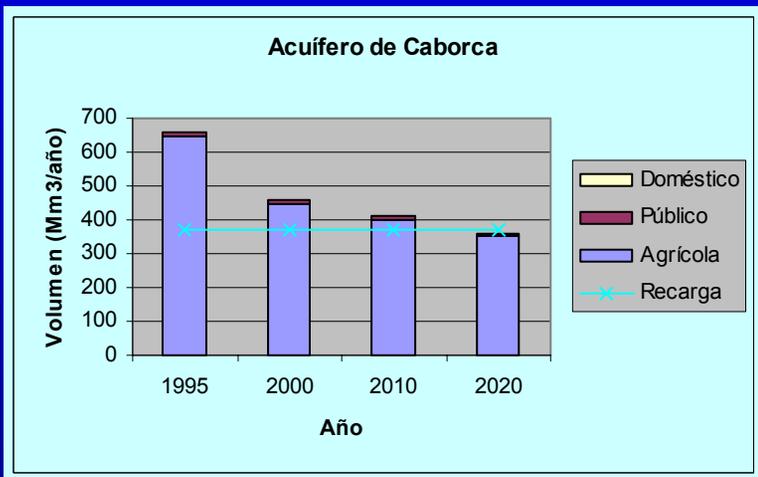
ACCIONES PARA FRENAR EL AVANCE DE LA INTERFASE SALINA

- A) 5 declaratorias de vedas para frenar el desordenado alumbramiento de agua subt.
- B) Programa de reducción de extracciones a partir de 1986-1987
1959 Extracción de 800 Mm³
- C) Establecimiento de sistemas de riego por goteo cambio de patrón de cultivo
- D) Disminución de la superficie de riego: de 120,000 a 55,00 ha

Figura 3.1.2.4.3.1.1 Volúmenes de extracción anual Costa de Hermosillo



PROGRAMA DE REDUCCIÓN DE EXTRACCIONES



PROBLEMÁTICA HIDRÁULICA DE LA REGIÓN

1. **Uso ineficiente del agua en los sectores agrícola y público - urbano.**
eficiencias en los sistemas de agua potable: 40 y 60 %
eficiencia en la agricultura: 50 al 58%
2. **Sobreexplotación de 15 de los 47 zonas acuíferas**
3. **Intrusión salina**
4. **Contaminación de cuerpos de agua**
aguas residuales tratadas < 10%
5. **Daños por inundaciones y sequías:**
grandes avenidas
severos problemas de escasez
6. **Competencia entre los usos del agua:**
Creciente demanda de agua a la población vs sector agrícola
7. **Insuficiente y deficiente estructura de medición**
Escaso monitoreo de la calidad del agua subterránea, nbiveles piezométricos, etc.
8. **No se cuenta con suficientes estudios hidrogeológicos**

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Objetivo de planeación		Problemática por subregión					
		Cuenca hidrológica					
		Sonoita	Concepción	Sonora	Mátape	Yaqui	Mayo
1	Mejorar los sistemas de agua potable y alcantarillado, con organismos operadores financieramente sanos y mejor el servicio	Importante	Muy Importante	Muy Importante	Importante	Poco Importante	Poco Importante
2	Mejorar el uso y manejo del agua en la agricultura, induciendo prácticas de utilización en su mejor aprovechamiento	Poco Importante	Muy Importante	Muy Importante	Muy Importante	Muy Importante	Muy Importante
3	Lograr la estabilización de los acuíferos sobreexplotados, con el consenso de los usuarios.	Importante	Muy Importante	Muy Importante	Muy Importante	Poco Importante	Poco Importante
4	Disminuir la contaminación a cuerpos receptores, para conservar el recurso en cantidad y calidad para su mejor aprovechamiento	Poco Importante	Muy Importante	Muy Importante	Muy Importante	Importante	Muy Importante
5	Mejorar y ampliar la infraestructura de medición de tal manera que permita ser una herramienta en la toma de decisiones	Muy Importante	Muy Importante	Importante	Importante	Importante	Importante
6	Reducir los daños por inundaciones y sequías	Poco Importante	Poco Importante	Poco Importante	Importante	Muy Importante	Muy Importante
7	Disminuir la competencia por los usos del agua, mediante el desarrollo del mercado del agua, considerando los aspectos económicos y ambientales, apoyados en el proceso de regularización de aprovechamientos de aguas nacionales	Poco Importante	Poco Importante	Importante	Importante	Muy Importante	Poco Importante

Para cubrir estos objetivos se ha desarrollado una serie de acciones encaminadas a lograr el desarrollo sustentable en la región. El ritmo de inversión de estas acciones depende de las hipótesis de desarrollo que se han planteado en cada uno de los escenarios descritos en los incisos subsecuentes.